

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-214758

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月6日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 39/24

識別記号

Z A A

F I

H 0 1 L 39/24

Z A A F

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-15534

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月28日

(71) 出願人 595000793

株式会社移動体通信先端技術研究所
愛知県日進市米野木町南山500番地 1

(72) 発明者 鈴木 正信

愛知県日進市米野木町南山500番地 1 株
式会社移動体通信先端技術研究所内

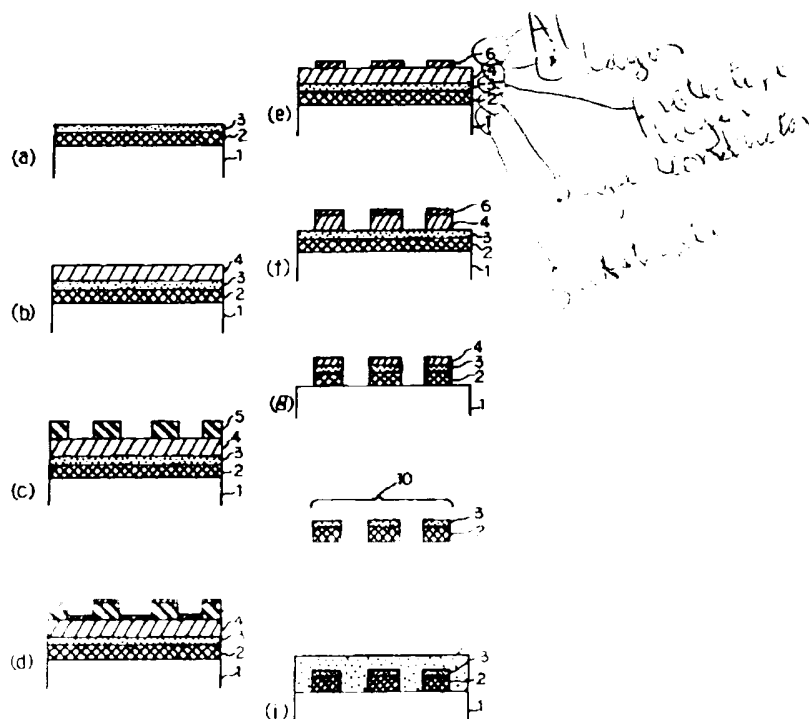
(74) 代理人 弁理士 有我 軍一郎

(54) 【発明の名称】 超伝導平面回路の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、超伝導平面回路の超伝導特性を良好に実現するとともに、回路の微細化に対応することができる超伝導平面回路の製造方法を提供することを課題とする。

【解決手段】 基板1上に、超伝導体層2、保護膜3及びカーボン層4を形成する工程と、フォトレジスト5を積層して、所望の回路パターンにパターンニングする工程と、フォトレジスト5上及びカーボン層4上にAl層6を形成する工程と、フォトレジスト5とともにAl層6を除去する工程と、Al層6をマスクとして、酸素を用いた反応性イオンエッチングを施し、カーボン層4をエッチングする工程と、Al層6及びカーボン層4をマスクとして、Arイオンビームエッチングを施し、保護膜



【特許請求の範囲】

【請求項1】超伝導薄膜上にマスク層を形成した後、反応性イオンエッチングにより、前記マスク層を所定形状にパターンニングし、さらに、パターンニングされたマスク層を用いて、イオンビームエッチングにより、前記超伝導薄膜をエッチングする工程を含む超伝導平面回路の製造方法において、

前記反応性イオンエッチングは、前記超伝導薄膜との反応性の低い反応性ガスを用い、前記マスク層は、前記超伝導薄膜よりもエッチング速度が遅く、かつ、前記イオンビームエッチングの際のイオンビームによる収縮が小さい材料により構成されていることを特徴とする超伝導平面回路の製造方法。

【請求項2】前記マスク層は、炭素からなる層であり、前記反応性イオンエッチングは、酸素ガスを反応性ガスとして用い、

前記イオンビームエッチングは、アルゴンイオンを用いることを特徴とする請求項1記載の超伝導平面回路の製造方法。

【請求項3】酸化物系の基板上に超伝導薄膜及び絶縁膜を順次形成する工程と、

前記絶縁層上に、第1のマスク層を形成する工程と、

前記第1のマスク層上に所定の回路形状に対応してパターンニングされた第2のマスク層を形成する工程と、

前記第1及び第2のマスク層上に第3のマスク層を形成する工程と、

前記第2のマスク層を除去することにより、前記第2のマスク層上の前記第3のマスク層を除去して、前記第1のマスク層上に、前記所定の回路形状に対応した前記第3のマスク層を残す工程と、

前記第3のマスク層を用いて、反応性イオンエッチングにより前記第1のマスク層をエッチングする工程と、

前記第1のマスク層を用いて、イオンビームエッチングにより前記絶縁膜及び前記超伝導薄膜をエッチングする工程と、

反応性イオンエッチングにより前記第1のマスク層を除去し、前記所定の回路形状を有する前記絶縁膜及び前記超伝導薄膜を形成する工程とを含むことを特徴とする超伝導平面回路の製造方法。

【請求項4】前記第1のマスク層を除去し、前記所定の回路形状を有する前記絶縁膜及び前記超伝導薄膜を形成した後、

前記絶縁膜及び前記超伝導薄膜を含む前記基板上に保護膜を形成する工程を含むことを特徴とする請求項3記載

の超伝導平面回路の製造方法。

【請求項5】前記超伝導薄膜は、超伝導特性を有する材料により構成されていることを特徴とする請求項3又は4記載の超伝導平面回路の製造方法。

【請求項6】前記超伝導薄膜は、超伝導特性を有する材料により構成されていることを特徴とする請求項3又は4記載の超伝導平面回路の製造方法。

【請求項7】前記超伝導薄膜は、超伝導特性を有する材料により構成されていることを特徴とする請求項3又は4記載の超伝導平面回路の製造方法。

【請求項6】前記反応性イオンエッチングは、前記超伝導薄膜との反応性の低い反応性ガスを用いることを特徴とする請求項3、4又は5記載の超伝導平面回路の製造方法。

【請求項7】前記第1のマスク層は、炭素薄膜であって、前記第3のマスク層は、金属薄膜であり、前記反応性イオンエッチングは、酸素ガスを反応性ガスとして用い、

前記イオンビームエッチングは、アルゴンイオンを用いることを特徴とする請求項3、4、5又は6記載の超伝導平面回路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超伝導平面回路の製造方法に関し、詳しくは超伝導薄膜の超伝導特性の劣化を防止し、回路パターンの微細化を図ることができる超伝導平面回路の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、超伝導特性を利用したフィルタ回路やアンプ回路等の超伝導平面回路に関する研究、開発が盛んに行われている。このような超伝導平面回路は、特定の温度条件下で電気抵抗をほぼ0とすることができるため、移動体通信や衛星通信等で用いられるマイクロ波集積回路に適用することにより、信号損失の大幅な低減や周波数応答性の向上等、金属配線を用いた回路では得られない優れた特性を実現することができる。

【0003】ところで、このような超伝導平面回路の超伝導特性を良好な状態で実現し、かつ、回路の微細化を図るためには、製造工程において超伝導特性を劣化させないこと、及び、超伝導薄膜による回路パターンの断面形状を略垂直に形成することが要求される。一般に、超伝導平面回路を製造する工程としては、以下のような工程が用いられている。

(工程1)基板上に、たとえばY-Ba-Cu-O系の超伝導薄膜を成膜する。

(工程2)超伝導薄膜上にフォトリソを塗布し、電子ビームや紫外線等の照射によって露光し、現像液により現像して、所定の回路形状に対応してパターンニングされたマスク層を形成する。

(工程3)不活性ガスイオンとしてアルゴンを用いたイオンビームエッチング(Arイオンビームエッチング)により、超伝導薄膜を所定の回路形状にエッチングする。

(工程4)回路形状にエッチングされた超伝導薄膜を含む

超伝導平面回路の製造方法において、以下のような問題を有している。

【発明が解決しようとする課題】従来の超伝導平面回路の製造方法においては、以下のような問題を有している。

【発明が解決しようとする課題】従来の超伝導平面回路の製造方法においては、以下のような問題を有している。

①フォトレジストを現像する際に使用する現像液は、一般に塩基性を示す水溶液である。一方、超伝導薄膜は、一般に水分、酸、塩基に弱いため、現像液に触れた超伝導薄膜は化学反応をおこして劣化する。

②図4(a)に示すように、基板21上に形成された超伝導薄膜22をエッチングするA rイオンビームエッチングにおいて、A rイオンビーム24をマスク層として用いられるフォトレジスト23に照射すると、図4

(b)に示すように、フォトレジスト23がA rイオンビーム24のエネルギーを吸収して収縮し、略台形状(テーパー形状)に変形するため、図4(c)に示すように、超伝導薄膜22のエッチング断面がテーパー状に形成されることとなり、超伝導特性及び回路の微細化が阻害される。

③図5(a)から(c)に示すように、基板21上に形成された超伝導薄膜22をエッチングするA rイオンビームエッチングにおいて、フォトレジスト23のエッチング速度が超伝導薄膜22のエッチング速度に比較して、約2倍と速いため、フォトレジスト23のエッチング量Dfと超伝導薄膜22のエッチング量Dhの関係は、 $Df > Dh$ となる。そのため、エッチング断面におけるフォトレジスト23のテーパー角 θf と超伝導薄膜22のテーパー角 θh の関係は、 $\tan \theta f = Df/Wb$ 、 $\tan \theta h = Dh/Wb$ より、超伝導薄膜22のテーパー角 θh がフォトレジスト23のテーパー角 θf よりも小さくなり($\theta f > \theta h$)、超伝導薄膜22のテーパー形状が顕著となる。

④A rイオンビームエッチングにおいて、超伝導薄膜をエッチングする際に用いたフォトレジストは、基板をアセトン等の薬液に浸漬して除去され、一方、パッシベーション膜は、スパッタ装置を用いて真空装置内で形成されるため、超伝導薄膜のエッチング断面が薬液や大気に曝されることとなり、超伝導薄膜の表面組成の劣化を生じるとともに、製造工程が繁雑となる。

【0005】本発明の目的は、上記課題を解決し、超伝導平面回路の超伝導特性を良好に実現するとともに、回路の微細化に対応することができる超伝導平面回路の製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、上述の目的を達成するために、請求項1記載の発明は、超伝導薄膜上にマスク層を形成した後、反応性イオンエッチングにより、前記マスク層を所定形状にパターンニングし、さらに、パターンニングされたマスク層を用いて、イオンビームエッチングにより、前記超伝導薄膜をエッチングする

【0007】また、請求項2記載の発明は、請求項1記載の超伝導平面回路の製造方法において、前記マスク層は、炭素からなる層であり、前記反応性イオンエッチングは、酸素ガスを反応性ガスとして用い、前記イオンビームエッチングは、アルゴンイオンを用いることを特徴としている。そして、請求項3記載の発明は、酸化物系の基板の上に超伝導薄膜及び絶縁膜を順次形成する工程と、前記絶縁膜上に、第1のマスク層を形成する工程と、前記第1のマスク層上に所定の回路形状に対応してパターンニングされた第2のマスク層を形成する工程と、前記第1及び第2のマスク層上に第3のマスク層を形成する工程と、前記第2のマスク層を除去することにより、前記第2のマスク層上の前記第3のマスク層を除去して、前記第1のマスク層上に、前記所定の回路形状に対応した前記第3のマスク層を残す工程と、前記第3のマスク層を用いて、反応性イオンエッチングにより前記第1のマスク層をエッチングする工程と、前記第1のマスク層を用いて、イオンビームエッチングにより前記絶縁膜及び前記超伝導薄膜をエッチングする工程と、反応性イオンエッチングにより前記第1のマスク層を除去し、前記所定の回路形状を有する前記絶縁膜及び前記超伝導薄膜を形成する工程と、を含むことを特徴としている。

【0008】また、請求項4記載の発明は、請求項3記載の超伝導平面回路の製造方法において、前記第1のマスク層を除去し、前記所定の回路形状を有する前記絶縁膜及び前記超伝導薄膜を形成した後、前記絶縁膜及び前記超伝導薄膜を含む前記基板の上に保護膜を形成する工程を含むことを特徴としている。また、請求項5記載の発明は、請求項3又は4記載の超伝導平面回路の製造方法において、前記第1のマスク層は、前記超伝導薄膜よりもエッチング速度が遅く、かつ、前記イオンビームエッチングの際のイオンビームによる収縮が小さい材料により構成されていることを特徴としている。

【0009】また、請求項6記載の発明は、請求項3、4又は5記載の超伝導平面回路の製造方法において、前記反応性イオンエッチングは、前記超伝導薄膜との反応性の低い反応性ガスを用いることを特徴としている。さらに、請求項7記載の発明は、請求項3、4、5又は6記載の超伝導平面回路の製造方法において、前記第1のマスク層は、炭素薄膜であって、前記第3のマスク層は、金属薄膜であり、前記反応性イオンエッチングは、酸素ガスを反応性ガスとして用い、前記イオンビームエッチングは、アルゴンイオンを用いることを特徴として

る。請求項8記載の発明は、請求項3、4、5又は6記載の超伝導平面回路の製造方法において、前記第1のマスク層は、炭素薄膜であって、前記第3のマスク層は、金属薄膜であり、前記反応性イオンエッチングは、酸素ガスを反応性ガスとして用い、前記イオンビームエッチングの際のイオンビームによる収縮が小さい材料により構成されていることを特徴としている。

請求項9記載の発明は、請求項3、4、5又は6記載の超伝導平面回路の製造方法において、前記第1のマスク層は、炭素薄膜であって、前記第3のマスク層は、金属薄膜であり、前記反応性イオンエッチングは、酸素ガスを反応性ガスとして用い、前記イオンビームエッチングの際のイオンビームによる収縮をほとんど生じない材料を用いることによ

り、イオンビームエッチングの際のマスク層の収縮が抑制されるうえ、超伝導薄膜のエッチング断面におけるエッチング量が促進されるため、エッチング断面の垂直化が図られ、超伝導特性が適正化されるとともに、超伝導薄膜による回路パターンの微細化を図ることができる。

【0011】また、このマスク層をパターンニング、及び、除去する際の反応性イオンエッチングの反応性ガスとして、超伝導薄膜との反応性の低いガスを用いることにより、反応性ガスと超伝導薄膜との化学反応が抑制されるため、超伝導薄膜の表面組成の劣化を抑制して、超伝導特性の適正化を図ることができる。さらに、マスク層を除去する際に反応性イオンエッチングを用いることにより、同一の真空装置内で超伝導薄膜のパターンニングから保護膜（パッシベーション膜）の形成までの工程を連続的に行うことができるため、超伝導薄膜のエッチング断面が薬液や大気に曝されることがなく、超伝導薄膜の表面組成の劣化を防止することができるとともに、製造工程を簡略化することができる。

【0012】特に、超伝導薄膜をパターンニングするマスク層として、炭素を用い、反応性イオンエッチングの際の反応性ガスとして、酸素を用いることにより、マスク層のパターンニング、除去に伴う超伝導薄膜の劣化を抑制することができ、超伝導薄膜のエッチングに伴うエッチング断面のテーパ形状化を抑制して垂直化を促進することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。本発明に係る超伝導平面回路の製造方法の一実施例について、図1及び図2を参照して説明する。図1(a)に示すように、たとえば酸化マグネシウムMgOの基板1の上面に、回路パターンを構成する超伝導体層2及び保護膜3を形成する。なお、図示を省略したが、基板1の下面には、グランド面となる超伝導体層及び金属層が形成される。

【0014】ここで、超伝導体層2としては、たとえばY-Ba-Cu-O系超伝導薄膜が用いられる。保護膜3としては、酸化セリウムCeO₂等の絶縁膜が用いられ、後述するエッチング工程等における超伝導体層2への侵食やダメージを抑制する。次いで、図1(b)及び図1(c)に示すように、保護膜3上に真空蒸着法により膜厚500nmのカーボン（炭素）層4を形成し、さらに、フォトリソグラフを積層して、所望の回路パターンに対応させてパターンニングする。

【0015】次いで、図1(d)に示すように、フォトリソ

される。

【0016】次いで、図1(f)に示すように、A1層6をマスクとして、酸素圧力2.5Pa、投入電力400Wで反応性イオンエッチングを施し、カーボン層4をエッチングする。次いで、図1(g)に示すように、A1層6及びカーボン層4をマスクとして、圧力5×10⁻³Pa、加速電圧550V、アーク電流0.8AでArイオンビームエッチングを施し、保護膜3及び超伝導体層2をエッチングする。このとき、マスクを構成するA1層6及びカーボン層4も同時にエッチングされるため、保護膜3上にはわずかな膜厚のカーボン層4が残される。

【0017】次いで、図1(h)に示すように、酸素圧力10Pa、投入電力200Wで反応性イオンエッチングを施して、保護膜3上のカーボン層4を完全に除去し、超伝導体層2及び保護膜3から構成される所望の回路パターン10を形成する。次いで、図1(i)に示すように、回路パターン10を含む基板1上に、たとえば酸化シリコンSiO₂等の絶縁膜7がパッシベーション膜として形成される。

【0018】このような製造工程により、図2に示すような回路パターン10を有する超伝導平面回路が形成される。ここで、図2は、超伝導フィルタ回路が形成されたチップレイアウトを示す平面図である。図2に示すように、基板1上に形成された回路パターン10は、周知のように、信号入力側の超伝導配線パターン11と、信号取り出し側の超伝導配線パターン12と、所望の周波数特性に対応させて形状や寸法、間隔等を設定した共振用の超伝導配線パターン13と、超伝導配線パターン11、12の端部に各々形成された接続用電極14、15と、を有して構成されている。なお、図1において、接続用電極14、15に対応する構成については、図示を省略した。

【0019】すなわち、本発明の第1の特徴は、上述した図1(e)から(i)に示された工程において、超伝導体層2をパターンニングするためのマスクとして、Arイオンビームエッチングの際のエッチング速度が超伝導体層2よりも遅く、かつ、イオンビームのエネルギーによる収縮をほとんど生じないカーボン層4を用いることにある。

【0020】そのため、イオンビームエッチングの際のマスク層の収縮が抑制されて、超伝導体層2のエッチング断面におけるエッチング量が促進される。具体的には、図3(a)から(c)に示すように、基板1上に形成

るマスク層6のA1層6を除去する。これにより、所望の回路パターンに対応する領域にのみ、A1層6が残

される。図3(a)から(c)に示すように、基板1上に形成されるマスク層6のA1層6を除去する。これにより、所望の回路パターンに対応する領域にのみ、A1層6が残

め、エッチング断面におけるカーボン層4のテーパ角 θ_c と超伝導体層2のテーパ角 θ_h の関係は、 $\tan \theta_c < D_c/W_c$ 、 $\tan \theta_h < D_h/W_h$ より、超伝導体層2のテーパ角 θ_h がカーボン層4のテーパ角 θ_c よりも大きくなる($\theta_c < \theta_h$)。

【0021】したがって、超伝導体層2のエッチング断面が垂直に近くなり、超伝導特性が適正化されるとともに、超伝導薄膜による回路パターンの微細化を図ることができる。また、本発明の第2の特徴は、超伝導体層2との反応性が低い酸素を反応性ガスとして用いた反応性イオンエッチングにより、カーボン層4をパターニング、及び、除去することにある。

【0022】そのため、反応性イオンエッチング工程において、超伝導体層2の化学反応が抑制され、超伝導体層2の表面組成の劣化が抑制される。加えて、第2の特徴により、超伝導体層2のエッチング断面を薬液や大気に曝すことがないため、図1(f)から(i)に示された工程を、同一の真空装置内で連続的に行うことができ、超伝導薄膜の表面組成の劣化を防止することができるとともに、製造工程を簡略化することができる。

【0023】なお、上述した実施例においては、超伝導薄膜をパターニングするためのマスクとして、炭素を用いた例を示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、要するに、イオンビームエッチングの際にエッチング速度が超伝導薄膜よりも遅く、かつ、イオンビームのエネルギーによる収縮をほとんど生じない材料からなるものであればよい。

【0024】また、超伝導薄膜をパターニングするためのマスク(カーボン層)をパターニング、及び、除去する反応性ガスとして酸素を示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、要するに、反応性イオンエッチングの際にマスクを良好にエッチングでき、かつ、超伝導薄膜との反応性が低いものであれば、他のガスであってもよい。

【0025】さらに、マスク(カーボン層)をパターニングするマスクとしてA1を示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、要するに、反応性イオンエッチングの際にマスクを良好にエッチングできるものであれば、他の金属層であってもよい。

【0026】

【発明の効果】本発明の超伝導平面回路の製造方法によれば、超伝導薄膜をパターニングする際のマスク層として、イオンビームエッチングの際のエッチング速度が超

伝導薄膜よりも遅く、かつ、イオンビームのエネルギーによる収縮をほとんど生じない材料を用いることにより、イオンビームエッチングの際のマスク層の収縮が抑制されるうえ、超伝導薄膜のエッチング断面におけるエッチング量が促進されるため、エッチング断面の垂直化が図られ、超伝導特性が適正化されるとともに、超伝導薄膜による回路パターンの微細化を図ることができる。

【0027】また、このマスク層をパターニング、及び、除去する際の反応性イオンエッチングの反応性ガスとして、超伝導薄膜との反応性の低いガスを用いることにより、反応性ガスと超伝導薄膜との化学反応が抑制されるため、超伝導薄膜の表面組成の劣化を抑制して、超伝導特性の適正化を図ることができる。さらに、マスク層を除去する際に反応性イオンエッチングを用いることにより、同一の真空装置内で超伝導薄膜のパターニングから保護膜(パッシベーション膜)の形成までの工程を連続的に行うことができるため、超伝導薄膜のエッチング断面が薬液や大気に曝されることがなく、超伝導薄膜の表面組成の劣化を防止することができるとともに、製造工程を簡略化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る超伝導平面回路の製造方法における一実施例を示す工程図である。

【図2】一実施例により実現される回路パターンの一例を示す図である。

【図3】一実施例によるイオンビームエッチング工程におけるエッチング断面を示す図である。

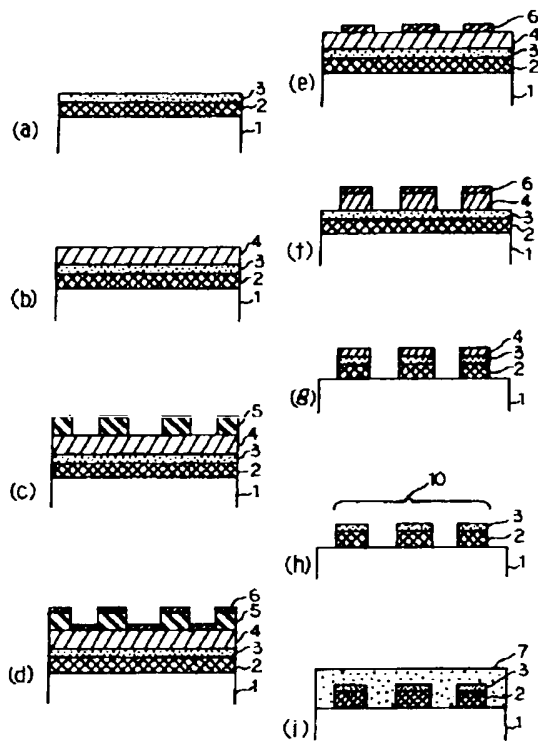
【図4】従来技術における問題点を示す図である。

【図5】従来技術における他の問題点を示す図である。

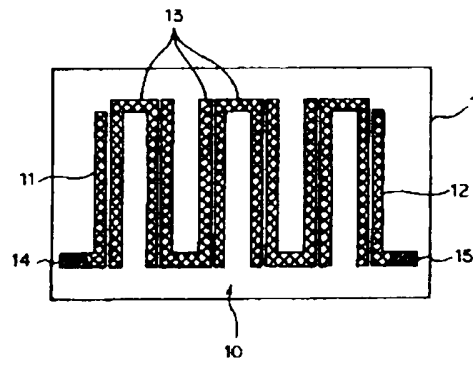
【符号の説明】

- | | |
|----------|-----------|
| 1、21 | 基板 |
| 2 | 超伝導体層 |
| 3 | 保護膜 |
| 4 | カーボン層 |
| 5、23 | フォトリジスト |
| 6 | A1層 |
| 7 | 絶縁膜 |
| 10 | 回路パターン |
| 11、12、13 | 超伝導配線パターン |
| 14、15 | 接続用電極 |
| 22 | 超伝導薄膜 |
| 24 | Arイオンビーム |

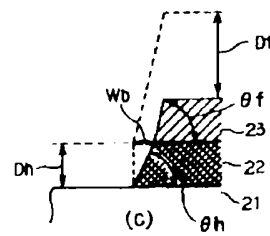
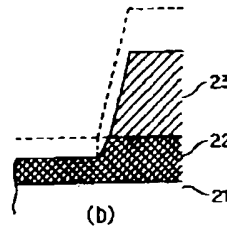
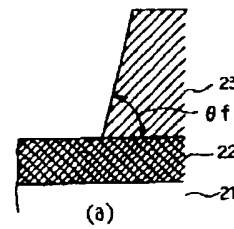
【図1】



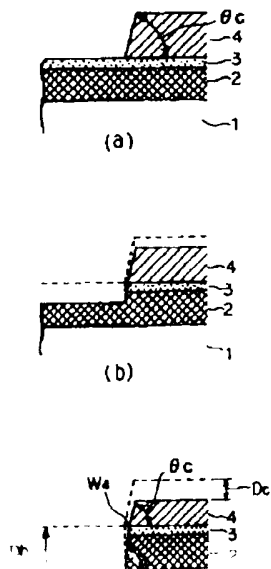
【図2】



【図5】



【図3】



【図4】

